発表 5.
品質工学に基づく
加速度センサ校正データの評価

（株）エイ・イー・エス 工藤 恵理 様

A.E.S

品質工学に基づく加速度センサ校正データの評価

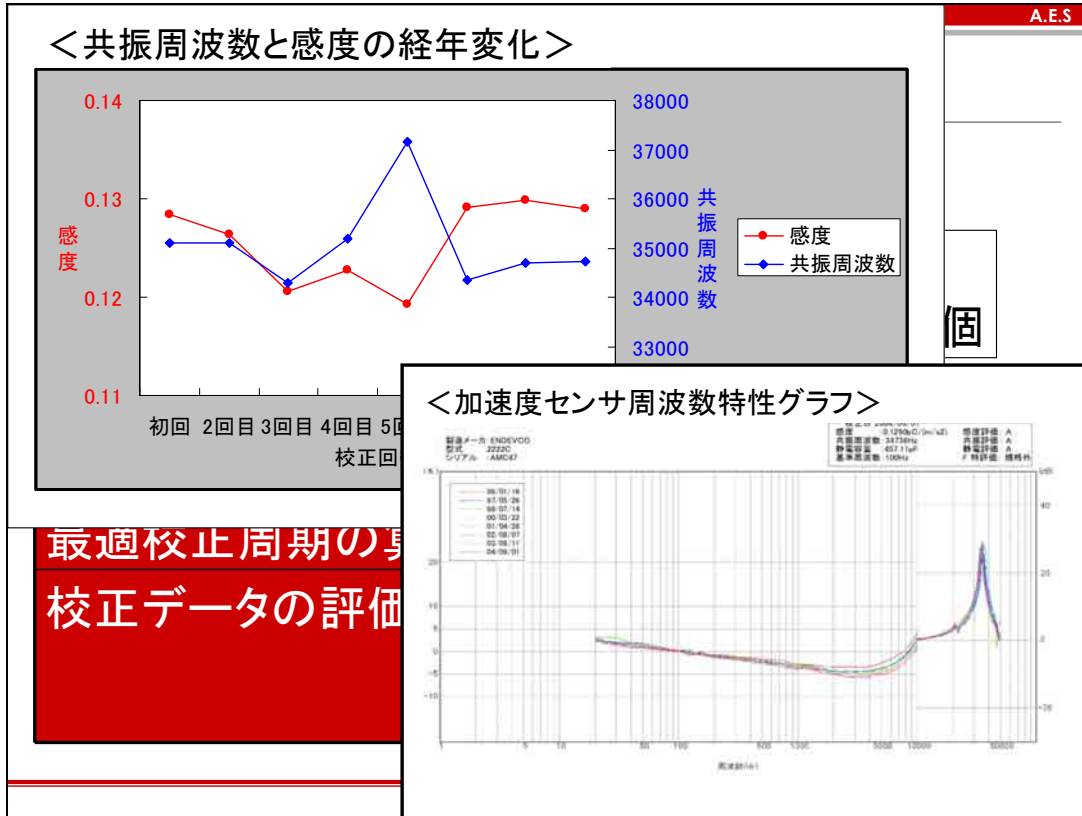
(株)エイ・イー・エス 工藤 恵理

品質工学に基づく加速度センサ校正データの評価　A.E.S

品質工学に基づく加速度センサ校正データの評価

1. はじめに
2. 加速度センサの校正について
3. 適正校正周期・校正データの評価方法について
4. まとめ

2

A.E.S
＜共振周波数と感度の経年変化＞
0.14
0.13
0.12
0.11
感度
38000
37000
36000
35000
34000
33000
共振周波数
感度
共振周波数
初回 2回目 3回目 4回目 5回
校正回
最適校正周期の算
校正データの評価
個
＜加速度センサ周波数特性グラフ＞

品質工学に基づく加速度センサ校正データの評価
A.E.S
1.はじめに
加速度センサ【約10種類 約2600個】
年間校正数
1500個～2000個
2222C
最適校正周期の算出
校正データの評価
損失関数
品質のばらつきを数値(SN比)*で表す方法
品質工学
＊通信工学のSN比とは違う
4

2.1 加速度センサ2222Cについて

●小型・軽量
●保有数・年間の延べ貸出数ともに一番多い

●圧電素子を利用
●振動が加わると圧電素子から電荷が発生
●圧電素子の経年変化は10年で1%程度
→非常に安定している

2.2 校正方法について

●標準加速度センサとの比較校正
●校正時の測定項目
①基準感度
②周波数特性
③絶縁抵抗
④共振周波数
⑤静電容量

2.3 現在の校正データの評価基準

<2222Cの評価基準>

測定項目	評価基準	
感度(pC/(m/s²))	0.102以上	
周波数特性(Hz)	A ランク	20～5000Hz ±5% 以内 且つ 5000～10kHz±10% 以内
	B ランク	20～2,000Hz ±5% 以内
絶縁抵抗(Ω)	20G以上	

共振周波数及び静電容量は参考値

品質工学に基づく加速度センサ校正データの評価　A.E.S

2.3 現在の校正データの評価基準

<2222Cの評価基準>

測定項目	評価基準	
感度(pC/(m/s²))	0.102以上	
周波数特性(Hz)	Aランク	20～5000Hz ±5% 以内 且つ 5000～10kHz±10% 以内
	Bランク	20～2,000Hz ±5% 以内
絶縁抵抗(Ω)	20G以上	

共振周波数及び静電容量は参考値

9

品質工学に基づく加速度センサ校正データの評価　A.E.S

3.1 品質工学とは

- 品質改善・コスト低減を実現する技術的な方法論
- 田口玄一博士によって創始された
- 日本工業規格(JIS)に適用されている

	オンライン工学	オフライン工学
適用段階	製造段階	研究・開発段階
尺度	損失関数	SN比
目的	コスト低減	開発費用と開発期間の短縮
JIS	JIS Z9090-1991「測定-校正方式通則」	JIS Z8403-1996「製品の品質特性-規格値通則」
本テーマ	適正校正周期	校正データの評価

10

3.2 品質工学と品質管理の違いについて

品質工学 病気の予防や早期治療

- ◆機能の安定性を図ることにより、様々な環境下にある市場での品質トラブルを未然に防止する。
- ◆コスト低減も品質工学の目的である。

品質管理 病気の診断

- ◆統計学的な尺度で製品のばらつきを小さくする。
- ◆市場における使用環境条件や劣化などは考えられていない。

3.3 損失関数による最適校正周期の算出-1

●損失関数とは・・・

管理に係わる総損失 = 管理コスト + 品質損失

が最小になるパラメータを求める関数。

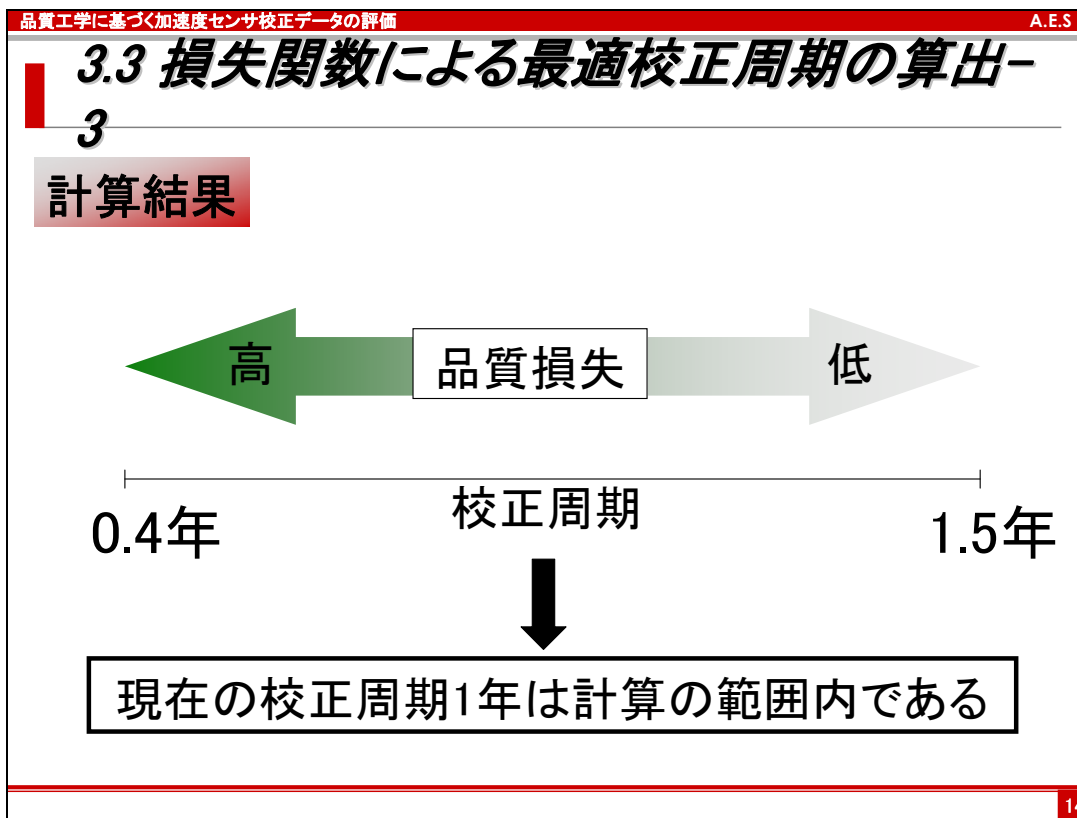
品質工学に基づく加速度センサ校正データの評価　A.E.S

3.3 損失関数による最適校正周期の算出−2

＜最適校正周期N（年）を求める式とパラメータ＞

パラメータ	数値
u_0：=n_0（現行における修正の間に使用する回数）	1.6（回）
n_0：加速度センサの校正と校正の間に使用される回数	1.6（回）
B：加速度センサ1個当たりの校正費用	9,700（円）
A_1：「試験費用/使用した加速度センサの延べ個数」（最も大きいと考えられる損失）	84,800（円）
A_2：加速度センサを設置する手間（最も小さいと考えられる損失）	5,300（円）
Δ：周波数特性の許容差	±5（%）
D_0：=Δ（現行の修正限界）	±5（%）

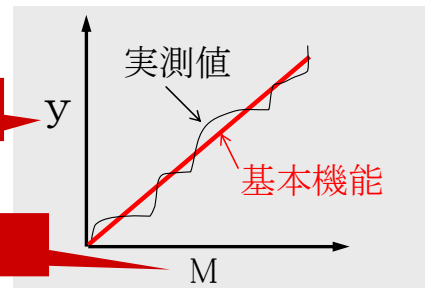
$$N=\sqrt{\frac{2u_0B}{A}\times\frac{\Delta}{D_0}\times\frac{1}{n_0}}$$

13

3.4 SN比による校正データの評価-1

●校正データのばらつきをSN比で数値化する。

$y=\beta M$ という理想的な比例関係 ＝基本機能 から
実測値がどれだけばらついているか。

●加速度センサの場合の基本機能
y:感度
M:振動伝達率

感度
振動伝達率
y
実測値
基本機能
M

3.4 SN比による校正データの評価-2

＜振動伝達率と感度の関係＞ （シリアル番号:AMC47）

M_1 1.0016	M_2 1.0064	M_3 1.0146	M_4 1.0263	M_5 1.0417
y_1 0.958240986	y_2 0.94244802	y_3 0.943774998	y_4 0.951375008	y_5 0.961642027

M:振動伝達率
y:感度 （単位: pC/g ）

3.4 SN比による校正データの評価-4

振動伝達率	M_1 1.0016	M_2 1.0064	M_3 1.0146	M_4 1.0263	M_5 1.0417
感度	y_1 0.958240986	y_2 0.94244082	y_3 0.943774998	y_4 0.951375008	y_5 0.961642027

<SN比の求め方>

比例定数(β)

信号変動(S_S)$=\beta^2$

誤差変動(S_e)

$$=\frac{n}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(yi-\beta\, Mi)^2$$

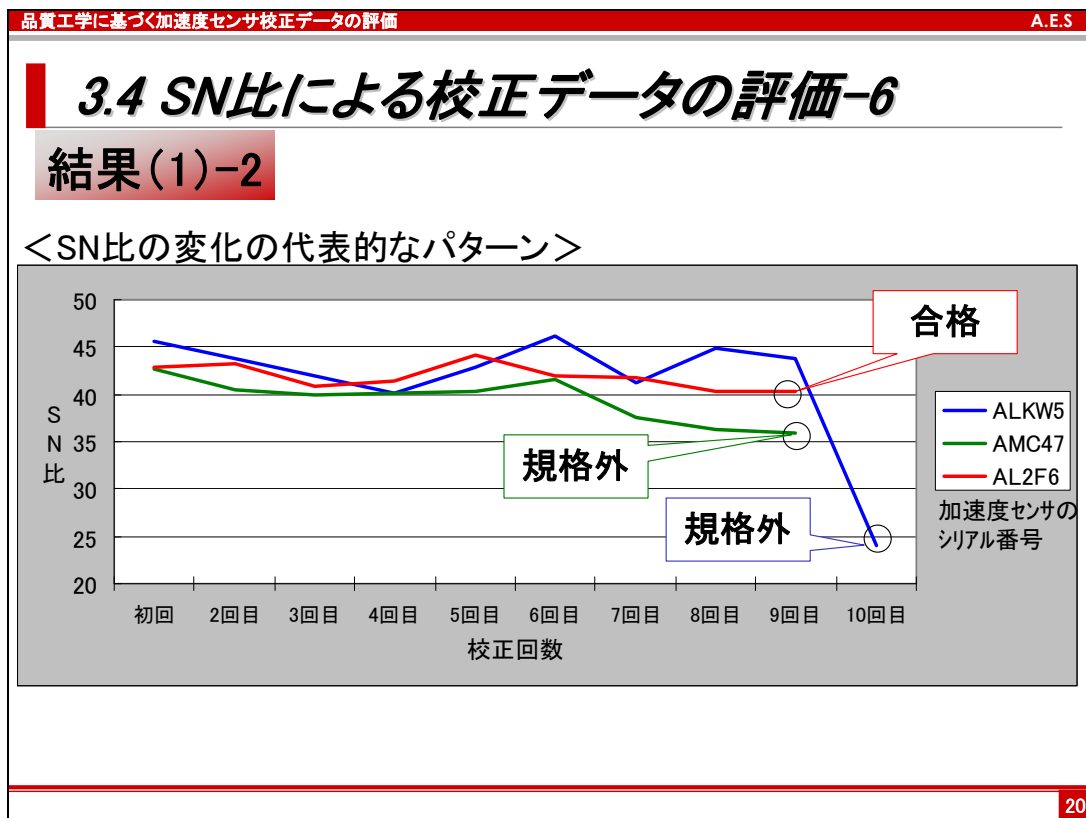
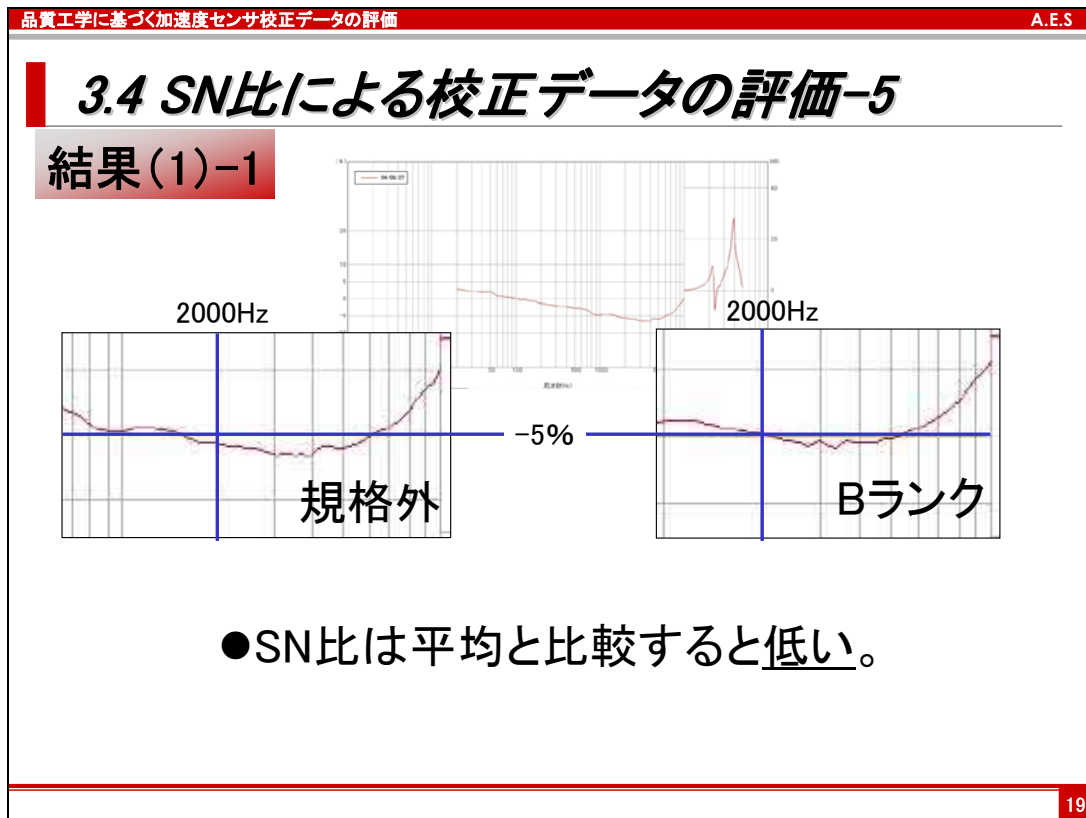
信号分散(V_S) $= S_S$

誤差分散(V_e) $=\dfrac{S_e}{n-1}$

SN比(η) $= 10\log\dfrac{V_S}{V_e}$

$=$ 35.92(dB)

品質工学に基づく加速度センサ校正データの評価
A.E.S
3.4 SN比による校正データの評価-5
結果(1)-1
2000Hz
2000Hz
-5%
規格外
Bランク
●SN比は平均と比較すると低い。
19

品質工学に基づく加速度センサ校正データの評価
A.E.S
3.4 SN比による校正データの評価-6
結果(1)-2
<SN比の変化の代表的なパターン>
50
45
40
35
30
25
20
SN比
初回
2回目
3回目
4回目
5回目
6回目
7回目
8回目
9回目
10回目
校正回数
合格
規格外
規格外
ALKW5
AMC47
AL2F6
加速度センサのシリアル番号
20

3.4 SN比による校正データの評価-7

結果(2)

＜規格外となったときのSN比の平均値＞

校正結果の推移	A → 規格外	A → B → 規格外
規格外となったときのSN	37.89dB	39.30dB

●38dB付近で規格外品が多く発生している
と推測される。

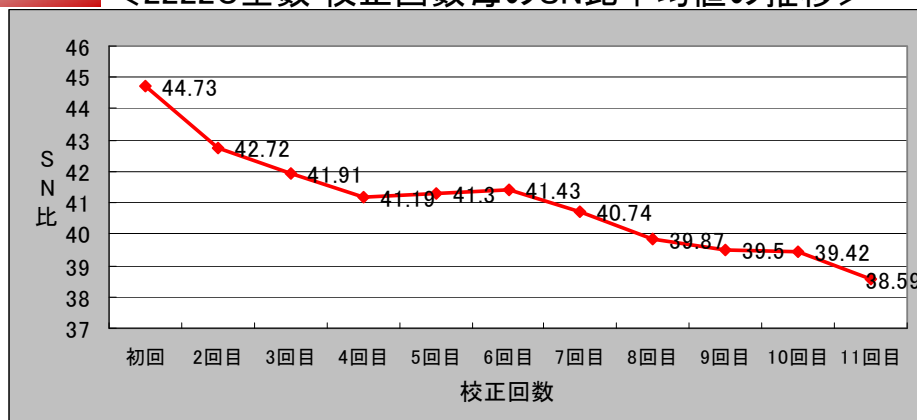
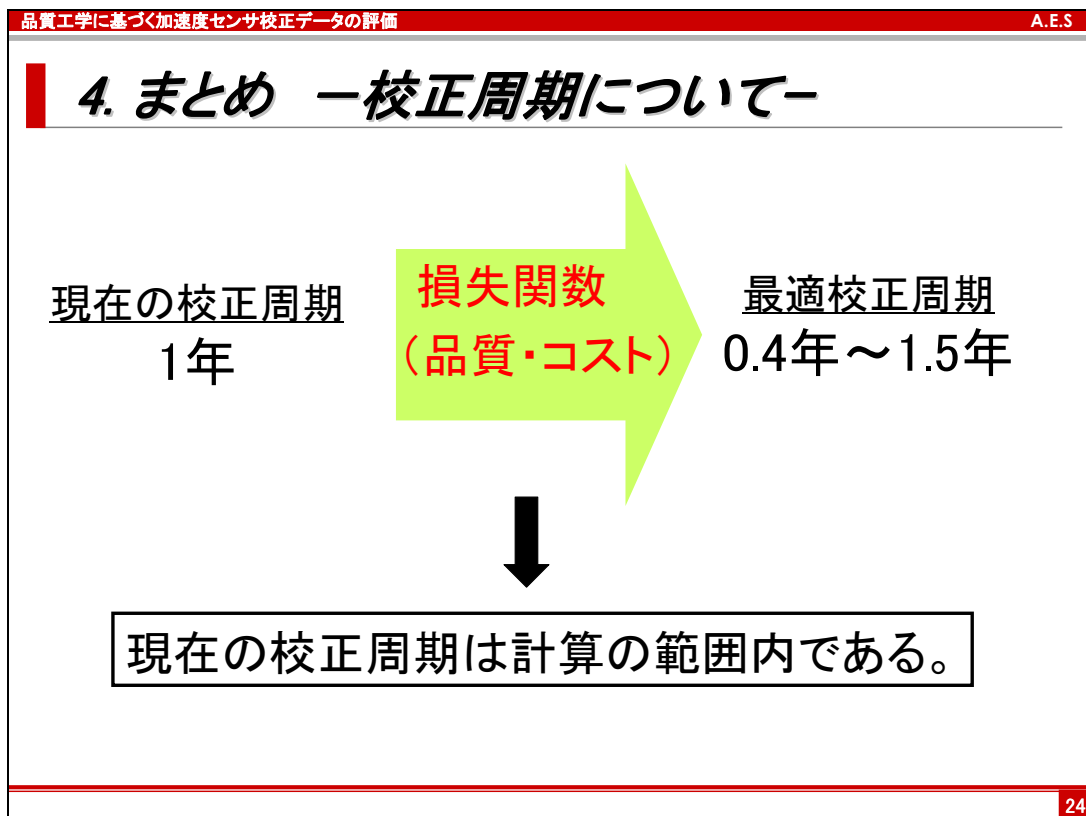
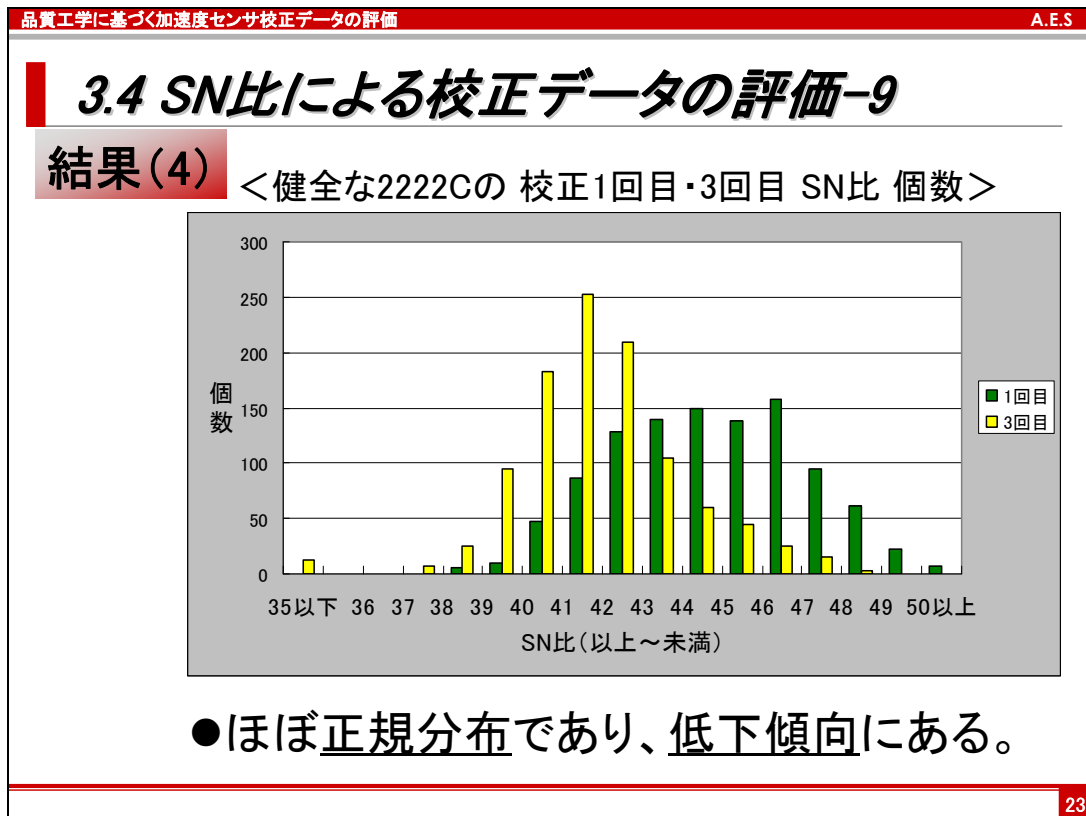
3.4 SN比による校正データの評価-8

結果(3)

＜2222C全数 校正回数毎のSN比平均値の推移＞

●SN比は経年的に下がる傾向がみられる

品質工学に基づく加速度センサ校正データの評価
A.E.S
3.4 SN比による校正データの評価-9
結果(4)
＜健全な2222Cの 校正1回目・3回目 SN比 個数＞
300
250
200
150
100
50
0
個数
1回目
3回目
35以下 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50以上
SN比(以上～未満)
●ほぼ正規分布であり、低下傾向にある。
23

品質工学に基づく加速度センサ校正データの評価
A.E.S
4. まとめ －校正周期について－
現在の校正周期
1年
損失関数
(品質・コスト)
最適校正周期
0.4年～1.5年
現在の校正周期は計算の範囲内である。
24

測定項目	評価基準
感度(pC/(m/s²))	0.102以上
周波数特性(Hz)	20～5000Hz ±5%以内　且つ 5000～10kHz±10%以内
	20～2,000Hz ±5% の場合は Bランク
絶縁抵抗(Ω)	20G以上

5.参考文献

- 『学会誌 品質工学 vol.9 No.6』
- 田中善喜氏ホームページ
  http://www.ne.jp/asahi/qequick/study/
- 原和彦氏ホームページ
  http://kaz727.cool.ne.jp/
- 小林理研 横田明則氏の研究紹介

質疑応答

質問者①

問 1：3.4 の「SN 比による校正データの評価-2」っていうページなのですが、「振動伝達率と感度の関係」というところ、これは何のデータを読み取られたのでしょうか。

答 1：これは、加速度センサーの取扱説明書に書かれていたものです。

質問者：そこではなくて、次のページです。ここに 5 つデータがあるんですけれども、この 5 つのデータはどこから読み取られたのでしょうか？

発表者：校正データです。

質問者：校正データでこういったデータをとられているということでしょうか。

発表者：はい、そうです。

質問者②

問 2：損失関数の算出をされていらっしゃいますが、その中で、加速度センサの使用回数というのがかなり大きなパラメータになっていると思いますが、これは校正期間に使用された回数ということですね。反比例するような形になっていますが、n_0ですね。これは、使われた回数と言うか、コントロールと言うか、その辺も重要なポイントになってくるのではないかと思うのですが。例えば、偏って貸し出しをすると結構･･･劣化の割合も偏って出てくるのではないかと思いますが。回数と言うのは、平均的な回数のことですか。

答 2：そうです、平均的な回数です。

質問者：そうすると、偏って貸し出しをしていると、劣化する割合も偏って出てくるっていう可能性もあるわけですよね。

発表者：それは、一年間で、ある供試体（に生じる劣化の割合）、ということですか？

質問者：供試体というより、貸し出して何度も何度も使うセンサもあれば、ほとんど使わずにそのまま一年過ぎてしまったというセンサもあると思いますので、だいたい均等になるように貸し出しをするなど、管理の仕方について考慮されているのでしょうか。

発表者：今はしていません。

質問者：そういうところも今後必要かな、という気がするのですが。

発表者：はい、分かりました。